



# ARCHITECTURE DURABLE EN PRATIQUE

Texte: Aldo Rota, Dario Aiulfi, Willi Frei, Emmanuel Rey

Le nouveau Marin Centre se distingue des autres grands centres commerciaux par une conception cohérente en matière de développement durable. Le bâtiment répond au standard Minergie et propose dans différents domaines des solutions innovantes et respectueuses de l'environnement. Le mall, baigné de lumière naturelle, y joue un rôle central. Le climat qui règne dans cet espace central y est confortable, sans avoir recours à la climatisation.

Il y a actuellement en Suisse plus de 20 centres commerciaux de plus de 20 000 m<sup>2</sup> (cf. tableau 2). La plupart d'entre eux sont disposés autour d'un ou plusieurs malls, qui sont de grands espaces d'un ou plusieurs niveaux. Les spécificités de ces ouvrages sont notamment la climatisation généralisée y compris du mall, une enveloppe pratiquement dépourvue de fenêtres, ainsi que l'éclairage artificiel permanent dans les espaces intérieurs. Il n'est donc pas étonnant que les centres commerciaux font actuellement l'objet de critiques en raison de leur grande consommation en énergie électrique.

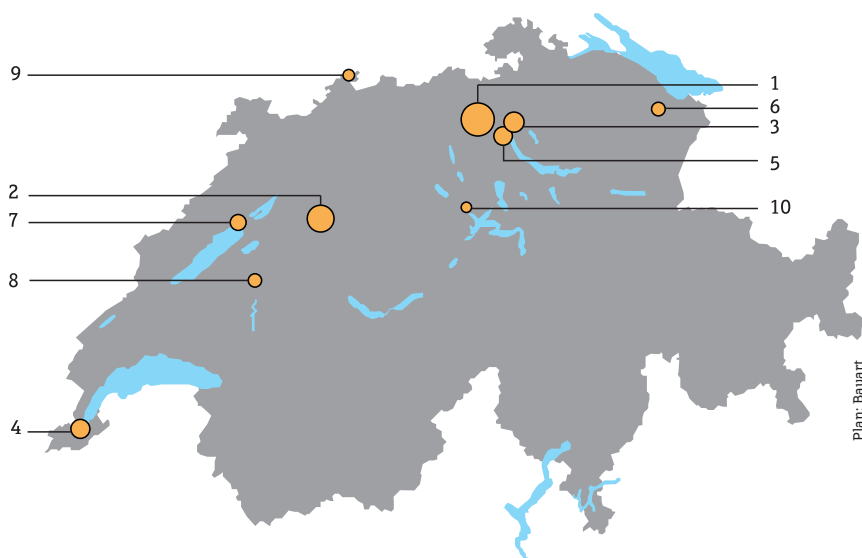
Une étude récente<sup>1</sup> portant sur 32 surfaces commerciales a mis en évidence que la consommation de chaleur s'élève en moyenne à 350 MJ/m<sup>2</sup>/an (soit environ 97 kWh/m<sup>2</sup>/an), le minimum étant de 75 et le maximum de 800 MJ/m<sup>2</sup>/an. La consommation d'électricité rapportée à la surface de vente (et non à la surface de référence énergétique) se situait pour sa part en moyenne à 2000 MJ/m<sup>2</sup>/an (soit environ 555 kWh/m<sup>2</sup>/an), le minimum étant de 360 et le maximum de 2800 MJ/m<sup>2</sup>/an.

Dans le cas du nouveau Marin Centre sont énoncés en plus de critères économiques, une série de priorités écologiques inédites par rapport à celles des centres actuellement existants. Le but est la réalisation d'un centre commercial qui réponde de manière optimale aux critères de développement durable en faisant un usage rationnel de l'énergie. L'objectif principal lors du développement du projet est d'atteindre le standard Minergie, notamment grâce à la ventilation naturelle et au refroidissement nocturne avec récupération d'énergie. En particulier, le mall devait être ventilé naturellement et éclairé à la lumière du jour.

## DIMINUTION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DU BÂTIMENT

Le concept adopté se base en premier lieu sur une stratégie coordonnée de diminution des besoins énergétiques du bâtiment. Dans cette optique, les mesures suivantes ont été principalement mises en œuvre pour diminuer la demande de chaleur:

- enveloppe thermique de très bonne qualité (diminution des déperditions au travers de l'enveloppe en hiver et diminution des gains thermiques non désirés en été),
- contrôle des débits d'air traités par les monoblocs avec variation du débit d'air pulsé en fonction des besoins,
- récupération de chaleur sur les processus et plus



Centre	Localité	Surface de vente m <sup>2</sup>
1. Shoppi & Tivoli	Spreitenbach	68 000
2. Shoppyland	Schönbühl	49 000
3. Glattzentrum	Zurich	44 000
4. Balexert	Genève	43 000
5. Sihlcity	Zurich	42 000
6. Shopping Arena	St-Gall	36 500
7. Marin Centre	Marin-Epagnier	36 000
8. Avry Centre	Avry-sur-Matran	34 000
9. Stücki Shopping	Basel	32 000
10. Emmen Center	Emmenbrücke	30 300

particulièrement sur la production de froid commercial,

- distribution et émission de chaleur à basse température par le recours à des dalles actives,
- mise en œuvre de moyens de production à hautes performances.

Pour minimiser la demande d'électricité, liée essentiellement aux besoins d'éclairage artificiel et de froid, les mesures suivantes ont été mises en place dès la conception du bâtiment:

- utilisation de l'éclairage naturel dans les parties du bâtiment où cela est possible, notamment dans le mall et dans certaines surfaces de vente (marchés spécialisés),
- éclairage artificiel basé sur des luminaires performants et adaptés aux besoins effectifs (maîtrise des gains internes),
- utilisation de la ventilation naturelle dans les parties du bâtiment où cela est possible et recours au rafraîchissement passif nocturne (night cooling) pour évacuer la chaleur en excès accumulée dans le bâtiment durant la journée,
- recours efficace au free-cooling au moyen de tours de refroidissement évaporatives,
- utilisation de machines de production de froid à haut rendement,
- installation de transport d'énergie (eau et air) à débit variable en fonction de la demande du moment,

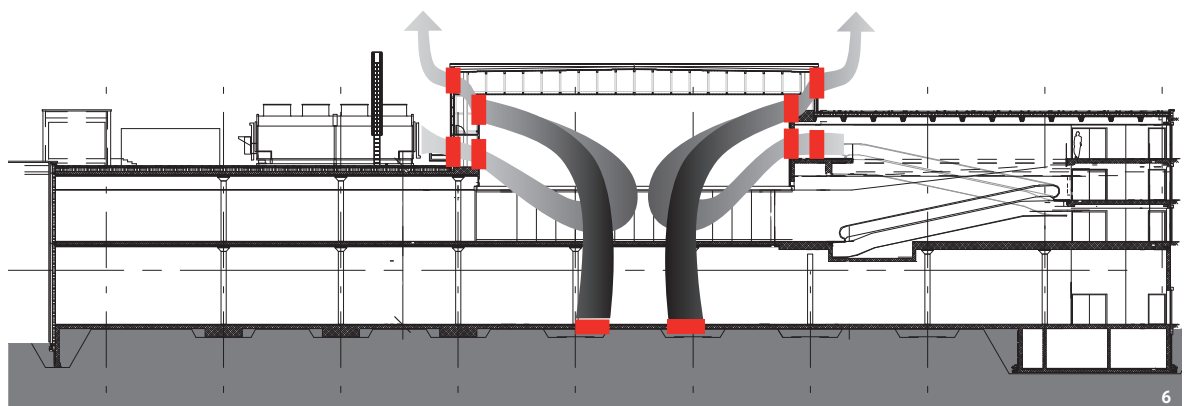
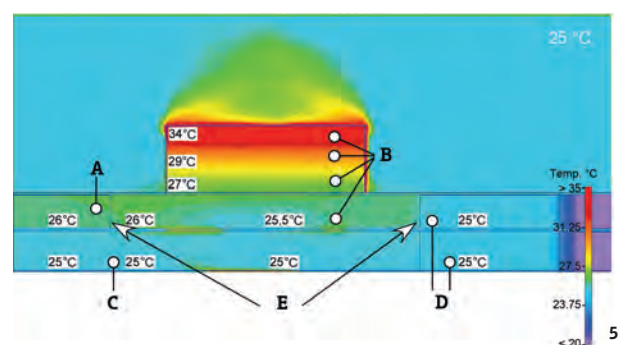
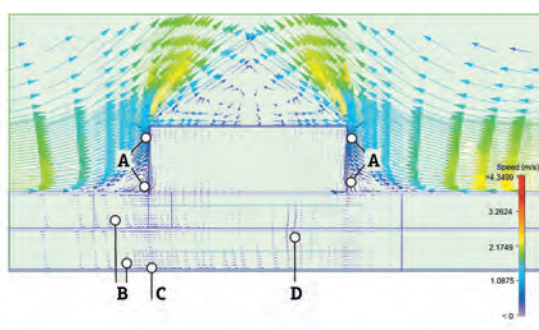
- 1 Un dispositif surplombant le mall permet simultanément de profiter de la lumière naturelle et de contribuer à la gestion du climat intérieur
- 2 Les plus grands commerces en Suisse





Photo: Tonatiuh Ambrosetti

- 3 L'aération naturelle du mall est réalisée par des ouvrants pratiqués dans la toiture et les vitrages, par lesquels les couches supérieures de l'air surchauffé peuvent s'échapper
- 4 Déplacement de l'air: les flèches montrent la direction, et la couleur la vitesse de l'air. Avec une gestion des ouvertures en relation avec la température et les vents extérieurs, on obtient un climat agréable sans courants d'air
- A Ouvrants hauts ouverts  
B Monoblocs des commerces en surpression  
C Ouvrants bas fermés  
D Vitesse de l'air modérée
- 5 Mall: ventilation naturelle et températures (température extérieure: 25°C): la simulation montre une température agréable au niveau du sol, et une surchauffe en partie haute qui va activer la ventilation naturelle par simple convection
- A Boutiques Sud (surfaces fermées sur le mall)  
B Stratification importante  
C Surfaces commerciales Sud (surfaces ouvertes sur le mall)  
D Boutiques Nord (surfaces fermées sur le mall)  
E Séparation physique (vitrines) entre les boutiques et le mall
- 6 Mall: ventilation naturelle et ouvrants: suivant la température extérieure, divers ouvrants peuvent être actionnés pour obtenir le meilleur climat intérieur, comme en période de grandes chaleurs ou lors du rafraîchissement nocturne



Graphiques: Sorane

- distribution et émission de froid à haute température grâce au recours à des dalles actives,
- choix de meubles frigorifiques performants.

## QUALITÉ THERMIQUE DE L'ENVELOPPE

Le travail de conception de l'enveloppe a intégré non seulement une approche esthétique liée au concept général du bâtiment, mais également un soin particulier à sa qualité thermique. Cette approche permet une diminution des frais annuels d'exploitation sans augmenter exagérément les investissements. Dans ce type d'affectation, les surcoûts de l'isolation supplémentaire sont en effet partiellement compensés par un dimensionnement plus réduit des installations techniques de conditionnement de l'air. La démarche est par ailleurs facilitée par le fait que le centre commercial présente de grandes surfaces de façades sans ouvertures, ce qui permet une mise en place aisée d'épaisseurs importantes d'isolation.

L'isolation est placée à l'extérieur pour limiter les ponts thermiques, et une isolation plus importante a été mise en place en toiture pour diminuer la demande de froid en été. La valeur U des façades est 0.26W/m²K, tandis que celle de la toiture s'élève à 0.23W/m²K. Tous les vitrages sont des vitrages doubles avec une couche à faible émissivité et du gaz entre les verres. La valeur U des vitrages est de 1.1W/m²K, ce qui correspond aux standards couramment installés dans les bâtiments actuels.

## RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR

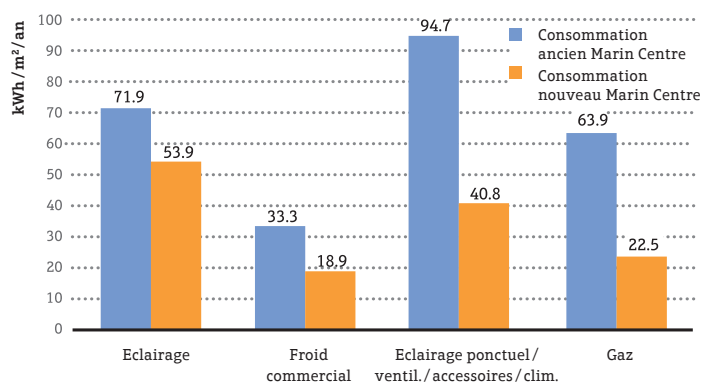
Deux types de production de froid sont présents sur le site, à savoir le froid climatique pour le refroidissement actif des locaux, utilisé en complément des stratégies de ventilation naturelle et de rafraîchissement passif, et le froid commercial destiné aux machines frigorifiques. La production de froid climatique est utilisée pour le réseau d'eau glacée des boutiques et pour les monoblocs de ventilation. Lorsque se manifeste un besoin de chaleur en période hivernale, la régulation est conçue de sorte que la production de froid climatique s'arrête et le système repose alors à 100 % sur le free-cooling.

Les machines de production de froid commercial assurent le refroidissement des meubles frigorifiques des surfaces de vente et des chambres froides. Ce mode de production fonctionne toute l'année, ce qui offre une source intéressante de chaleur à récupérer, d'une part pour chauffer l'eau chaude sanitaire et d'autre part pour chauffer le bâtiment (batteries de ventilation et dalles actives).

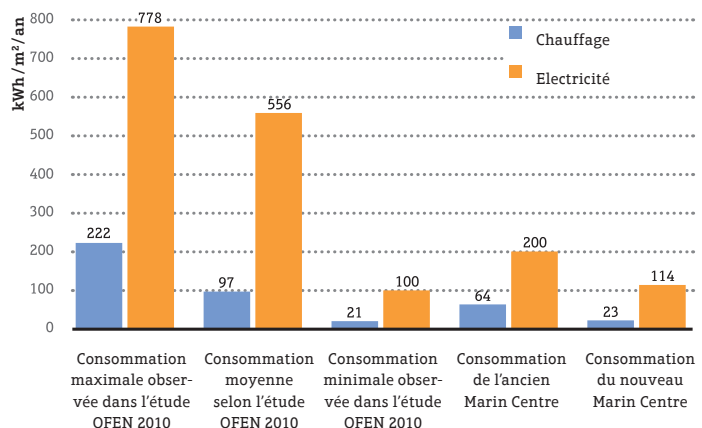
## INSTALLATION DE DALLES ACTIVES

L'activation de la masse du bâtiment par l'introduction de serpentins dans la dalle est une technique connue depuis de nombreuses années, surtout en mode de chauffage. Elle a refait son apparition depuis la mise au point de façades très performantes permettant de travailler avec des températures de départ très basses (24 à 30°C pour l'eau des serpentins). De telles températures de fonctionnement, qui permettent d'éviter un sentiment d'inconfort lié au chauffage par le plafond, n'étaient pas possibles auparavant avec des enveloppes thermiques insuffisamment performantes. Pour la production de chaleur, le système est notamment caractérisé par l'utilisation de gaz naturel et par une température glissante en fonction d'une courbe des besoins des consommateurs.

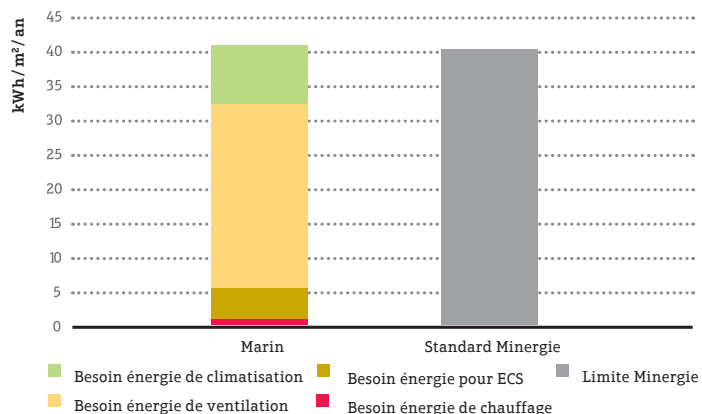
Les dalles actives permettent aussi de refroidir la masse du bâtiment en été, en utilisant des températures de l'ordre de 18 à 20°C pour l'eau des serpentins. Ce refroidissement est particulièrement



7



8

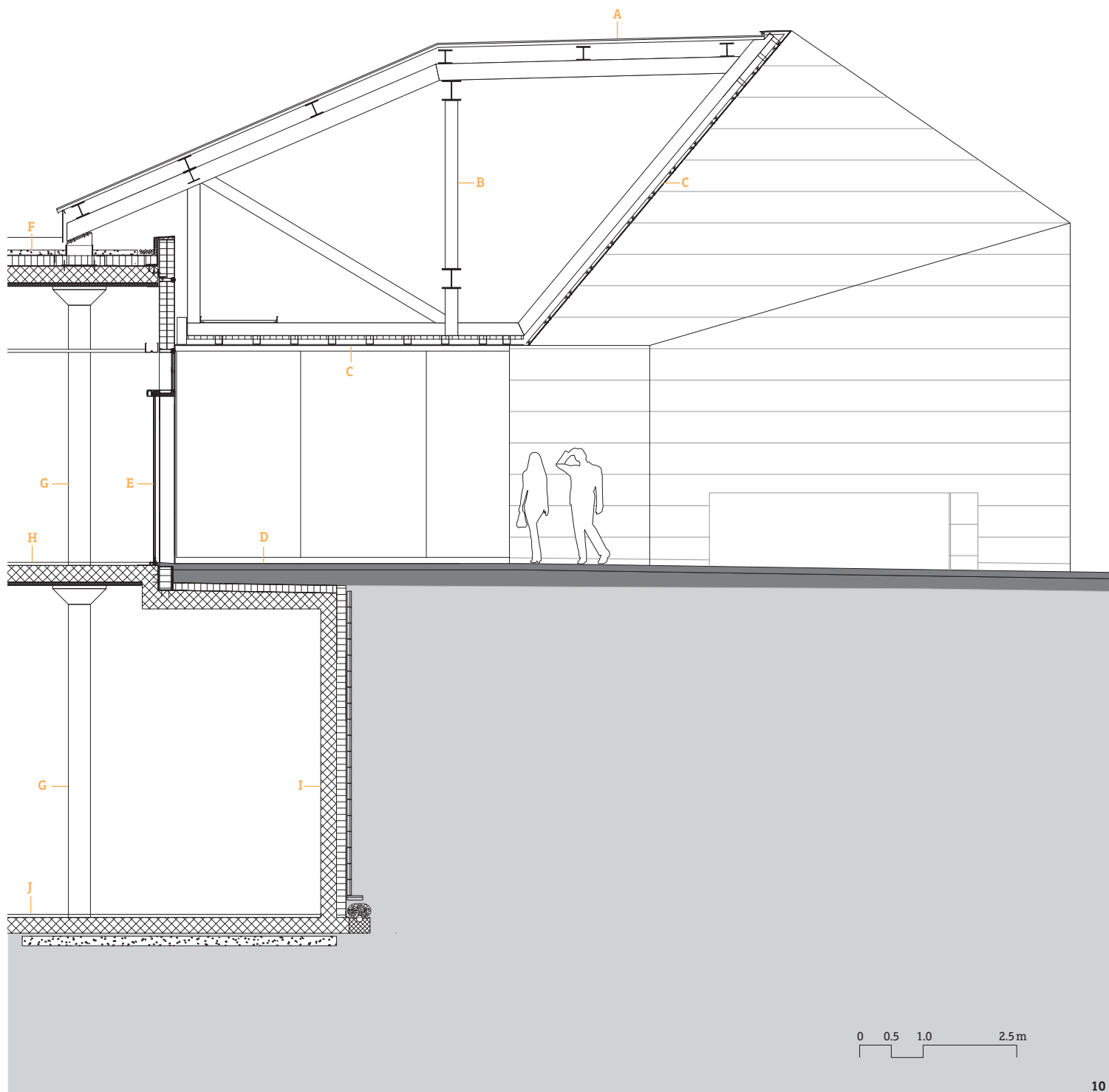


Graphiques: Bauart

9

- 7 Consommation énergétique de l'ancien et du nouveau Marin Centre
- 8 Consommation énergétique de l'ancien et du nouveau Marin Centre par rapport aux valeurs observées en Suisse
- 9 Indice énergétique Minergie

Suite à la p. 42



10

Plan: Bauart

# 10 Détail de la façade ouest/entrée

- A Tôle trapézoïdale, galvanisée 45 mm
- B Treillis en acier, tridimensionnel
- C Plaques métalliques 2640 × 500 × 3 mm
- D Sol:  
asphalte, double couche 95 mm, remplissage 250 mm, couche séparatrice, étanchéité bitumeuse, isolation thermique 120 mm, pare-vapeur, dalle de béton 250–300 mm
- E Façade vitrée sur ossature
- F Toiture:  
couche végétale extensive 20 mm, substrat 80 mm, drainage, étanchéité, isolation thermique 160 mm, pare-vapeur, béton 200 mm, plaque de béton 60 mm, poutrelle 60 mm

G Poteau de béton, préfabriqué 350 × 350 mm

H Sol:  
asphalte poli 25 mm, chape 25 mm, béton 200 mm, plaque de béton 60 mm, poutrelle 60 mm

I Parois:  
béton 250 mm, étanchéité, isolation thermique polystyrène expansé graphite 100 mm, drainage

J Sol:  
revêtement de sol + chape ciment 50 mm, dalle de béton 200 mm, pare-vapeur, béton maigre 50 mm, feuille PE, agrégat de verre cellulaire 150 mm

# 11 Détail de la façade ouest avec entrée principale









Photo: Thomas Jantscher

12

- 12 Le centre commercial s'ouvre sur la place et le village par un café
- 13 Les vitrages de dimensions différentes laissent beaucoup de lumière du jour dans le mall. L'évolution des ombres pendant la journée fait penser à une énorme horloge solaire

intéressant de nuit, car il permet au niveau énergétique de profiter d'un potentiel de free-cooling plus élevé et au niveau économique de bénéficier d'un tarif préférentiel. L'inertie des dalles permet d'utiliser l'effet de stockage, respectivement de déstockage, durant un cycle de 24 heures. Si ce système est en mesure d'évacuer aisément 20 à 30 W/m<sup>2</sup>, il présente par contre l'inconvénient de mal s'adapter aux variations brusques des charges thermiques. Dans le cas d'un centre commercial, environ 20 W/m<sup>2</sup> de charges dues à l'éclairage sont présentes durant toute la journée (heures d'ouverture du centre et heures de manutention). Ces horaires fixes s'avèrent donc favorables pour une intégration efficiente des dalles actives au concept énergétique global.

#### VENTILATION NATURELLE ET RAFFRAÎCHISSEMENT PASSIF NOCTURNE

Le potentiel de recours à la ventilation naturelle est très intéressant sur le plateau suisse. L'analyse des données météo de la région montre qu'une quantité non négligeable d'heures (1261 heures) présente une température située de 14 à 22°C entre 8 h et 20 h. Durant cette plage, il est judicieux d'un point de vue bioclimatique de faire de la ventilation naturelle, soit pour couvrir 100% des besoins, soit en appoint du système mécanique. A ce potentiel diurne se ra-

joutent en outre les heures nocturnes, qui permettent un rafraîchissement passif du bâtiment par la ventilation naturelle dans certaines zones. S'il est difficile d'utiliser la ventilation naturelle dans certaines zones comme les surfaces destinées au commerce alimentaire, notamment à l'endroit des meubles frigorifiques, cela s'est avéré possible dans plusieurs autres secteurs.

Le cas de l'espace central est une application particulièrement stratégique de la ventilation naturelle. Le volume de cet espace étant supérieur à 50 000 m<sup>3</sup>, il a été prévu dès les premières esquisses de renoncer à une maîtrise absolue du climat sur la totalité du volume et de profiter plutôt de la hauteur importante pour créer une stratification et circonscrire la chaleur dans la partie haute (sans usagers). La ventilation naturelle s'est imposée pour la gestion climatique de cet espace, en réponse aux conditions-cadres suivantes:

- Les volumes importants à traiter, ainsi que les gains solaires à évacuer auraient nécessité sinon la mise en œuvre d'installations de climatisation particulièrement énergivores pour garantir la maîtrise du climat dans cet espace.
- L'espace central représente une zone de transition entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment, ainsi qu'une zone de passage entre les différents com-

merces. De ce fait, les conditions climatiques prescrites dans cet espace sont elles aussi intermédiaires entre ces deux situations. Les conditions d'ambiance fixées pour cet espace sont les suivantes: garantir une température intérieure de 18 à 20°C pour une température extérieure de -6°C en situation hivernale et une température intérieure maximale de 28°C pour une température extérieure de 32°C en situation estivale.

- Les surfaces importantes de vitrage (276m<sup>2</sup> nord, 276m<sup>2</sup> sud et 695m<sup>2</sup> zénithal) permettent un apport de lumière du jour considérable, mais génèrent également des gains thermiques importants, qui doivent être évacués en période estivale et en mi-saison.

Afin de permettre l'évacuation des charges au moyen de la ventilation naturelle, un certain nombre d'ouvrants ont été prévus dans les parties basses et hautes du centre pour permettre une amenée et une évacuation d'air optimales dans l'espace central. Dans la partie basse (rez inférieur et supérieur du bâtiment) ont été aménagés des ouvrants pour l'amenée de l'air dans le mall (surface totale de 66m<sup>2</sup>). Les ouvrants de la partie haute se situent pour leur part dans la structure du mall. Ils sont scindés en deux parties de surfaces égales, en haut et en bas de la structure, pour une surface totale de 128m<sup>2</sup> (32m<sup>2</sup> dans la partie haute au nord, 32m<sup>2</sup> dans la partie haute au sud, 32m<sup>2</sup> dans la partie basse au nord et 32m<sup>2</sup> dans la partie basse au sud).

La ventilation naturelle se fait par l'ouverture en cascade d'un certain nombre d'ouvrants. On commence par ouvrir progressivement les ouvrants hauts, puis les ouvrants intermédiaires pour finir avec ceux de la partie basse. Ces ouvrants sont gérés par l'installation MCR, l'ouverture et la fermeture se faisant de façon progressive en fonction des besoins (température ambiante de l'espace central). Durant la période estivale, les ouvrants sont aussi utilisés pour réaliser un refroidissement nocturne du cœur du bâtiment. Dès que la température intérieure du mall est supérieure à celle de l'extérieur, le système MCR ouvre ainsi automatiquement les ouvrants.

## OPTIMISATION DES INSTALLATIONS MÉCANIQUES

La production de froid climatique utilise le potentiel du free-cooling sur l'extérieur, ce qui permet d'arrêter les machines de froid durant l'hiver et en mi-saison



Photo: Tonatiuh Ambrosetti

13

pendant la nuit. En effet, la température du réseau d'eau glacée est maintenue au moyen d'un échange de chaleur avec l'air extérieur par l'intermédiaire de tours de refroidissement hybrides. Ces dernières permettent d'utiliser la température de bulbe humide de l'air à la place de celle de l'air sec. On humidifie simplement l'air sec en lui vaporisant de façon adiabatique de l'eau, avant qu'il entre dans la batterie de la tour de refroidissement.

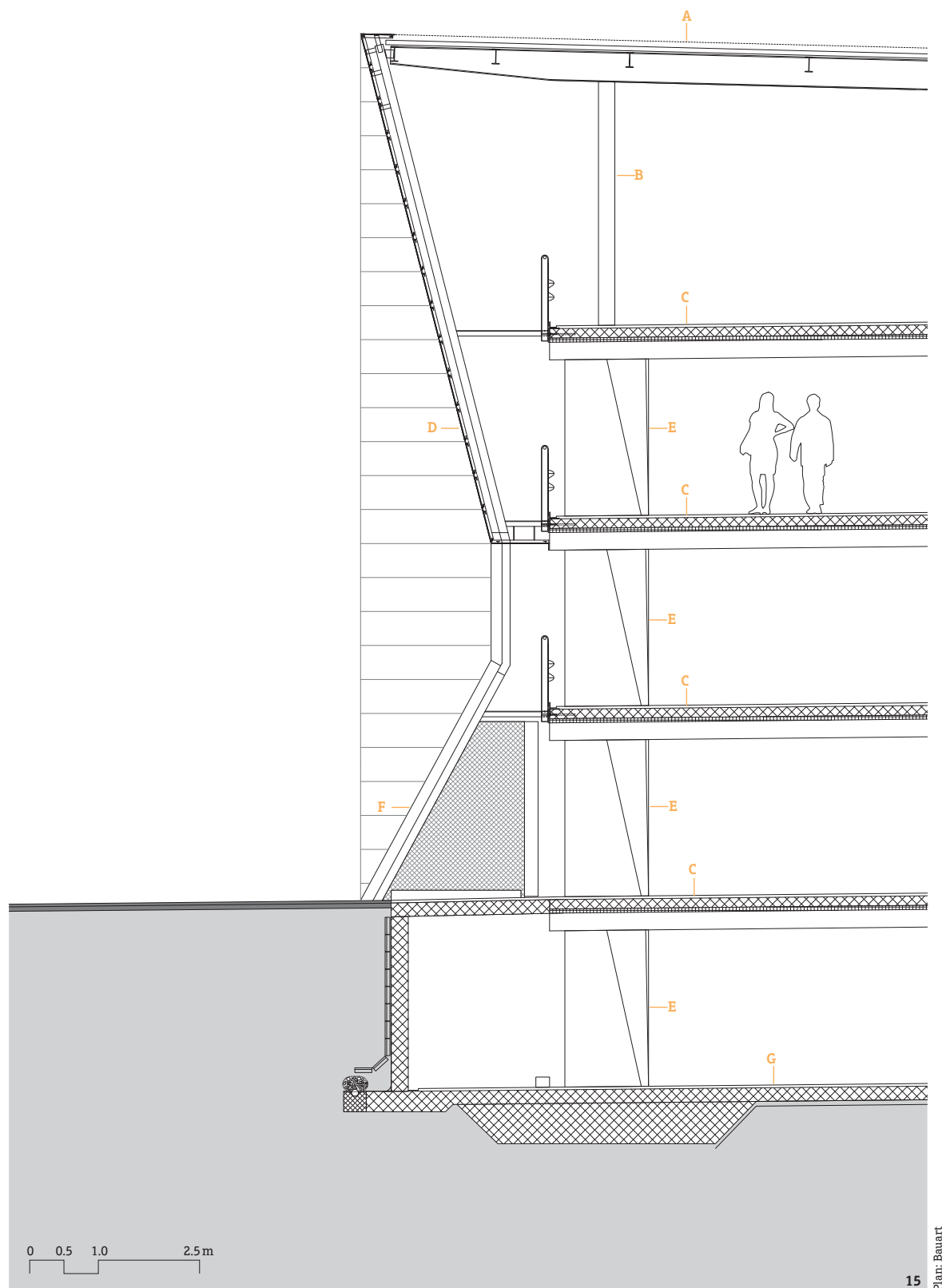
Lorsque le refroidissement direct n'est plus possible pour maintenir le réseau d'eau glacée à une température de 12°C, car la température de bulbe humide de l'air est supérieure à 10°C, les machines de froid sont enclenchées. La tour hybride permet alors de mieux refroidir la condensation des machines de froid et donc les fait travailler à meilleur rendement, contribuant à des économies sensibles d'électricité. Soulignons ici que la dalle active est un système de refroidissement qui se marie particulièrement bien avec le refroidissement nocturne au moyen d'une tour hybride, car elle peut être déchargée (refroidie) durant la nuit et absorber une partie de la chaleur en surplus durant la journée (effet de déphasage jour/nuit).

Le concept énergétique prévoit de surcroît un rafraîchissement des boutiques par une boucle d'eau glacée sur laquelle peuvent se brancher les

Suite à la p. 46







15

Plan: Bauart

- 14 En façade nord du parking, le socle est exécuté avec des éléments de béton noir teintés dans la masse. Les ouvertures nécessaires à l'éclairage et à l'aération sont pratiquées selon un ordre aléatoire
- 15 Détail de la façade nord / parking
- A Toiture:  
tôle trapézoïdale 65 mm, poutrelle secondaire HEA 200, poutrelle principale HEA 360
- B Poteau HEB 240
- C Sol:  
asphalte 30 mm, béton 140 mm, élément de béton 60 mm, porteur en béton précontraint 260 mm

- D Façade:  
plaques métalliques 2640 × 500 × 3 mm, construction en acier IPE 120
- E Poteaux en béton préfabriqués 1200 × 300 mm
- F Socle:  
plaques de béton préfabriquées 150 mm, construction en acier HEB 120
- G Sol:  
asphalte 30 mm, dalle de béton 200 mm, béton maigre 50 mm





16

Photo: Tonatiuh Ambrosetti

**16** Sur le toit en métal du parking couvert est installée une centrale solaire photovoltaïque de 400 m<sup>2</sup> pour l'instant

installations de refroidissement des locataires (ventilo-convecteurs), seul le restant des charges internes étant évacué par la ventilation. Cette subtilité permet de limiter le débit d'air de ventilation dans des zones du centre commercial où les charges internes sont élevées.

L'efficacité des monoblocs de ventilation a également fait l'objet d'un soin particulier. Afin d'être en mesure de récupérer un maximum de chaleur des installations de froid commercial et de diminuer au maximum les pertes du réseau de distribution, les batteries de chaud ont été dimensionnées de manière optimale pour permettre de pulser de l'air à 25°C, alors que la température de l'eau de chauffage n'excède pas 35°C. Les monoblocs sont équipés d'installations de récupération à haut rendement, de sondes de qualité d'air et de régulation autorisant un fonctionnement finement adapté à l'offre et à la demande (recyclage d'une partie de l'air selon les conditions climatiques). Ces récupérateurs fonctionnent également en été lorsqu'il s'agit de récupérer le froid de l'air extrait par rapport à l'air extérieur plus chaud.

Un choix rigoureux des différentes machines a été effectué afin que des valeurs de coefficient de performance, proposées par les fournisseurs, soient bonnes non seulement à charge nominale mais aussi

à charges partielles, car le nombre d'heures de fonctionnement à charges réduites est le plus important. En complément des apports de lumière naturelle, l'éclairage artificiel se base sur l'emploi de lampes à faible consommation électrique et sur un dimensionnement correspondant à des niveaux lumineux judicieusement ajustés. L'utilisation pour certaines applications de la technologie des LED fait également partie de la démarche. L'ensemble des économies sur la consommation de l'éclairage se répercute aussi par une diminution de la production de froid climatique.

A titre complémentaire, une installation solaire composée d'une surface de 400 m<sup>2</sup> de capteurs photovoltaïques a été implantée par le Groupe E, distributeur d'électricité pour les cantons de Neuchâtel et de Fribourg, sur la toiture du parking. L'extension de cette installation, qui bénéficie ainsi d'une surface disponible pour augmenter la part d'énergie renouvelable dans le réseau d'électricité, est par ailleurs envisagée à terme.

#### AUTRES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Parallèlement à la réduction de la consommation énergétique, d'autres aspects environnementaux font également partie intégrante de la démarche du projet:

- La diminution de la consommation de chaleur a permis de réduire de moitié les émissions sur le site. Les nouvelles valeurs d'émissions annuelles de polluants ont ainsi été réduites d'environ 50 % par rapport à celles de l'ancien centre, bien que la surface ait été agrandie.
- Pour le froid climatique et commercial, différents fluides frigorigènes entrent aujourd'hui en ligne de compte selon les normes actuelles (R134a, R407c, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>). Dans le cas présent, la production de froid climatique est assurée par des machines au R134a, et celle du froid commercial au CO<sub>2</sub>. La démarche rigoureuse qui a été suivie a permis de minimiser les impacts de ces installations sur l'effet de serre.
- Pour économiser l'eau potable, les installations comprennent en particulier certains limiteurs de débit et des urinoirs fonctionnant sans rinçage d'eau, ce qui permet de réduire la consommation d'eau potable.
- Pour gérer les eaux pluviales, le projet intègre des stratégies d'infiltration dans les aménagements paysagers (augmentation des surfaces perméables sur le site) et de rétention pour éviter les engorgements de canalisations et les risques d'inondations localisées (toiture végétalisée et stockage d'eau en cas d'orage dans un réservoir d'une capacité d'environ 500m<sup>3</sup> aménagé au cœur d'une des rampes hélicoïdales du parking). La toiture verte offre par ailleurs un avantage climatique, à savoir une régulation des charges thermiques en les stockant durant la journée et en les restituant durant la nuit.
- Le choix des matériaux ayant une importance non négligeable sur le bilan écologique du bâtiment, différentes mesures ont été intégrées dans une optique d'écobilans favorables. A titre illustratif, citons notamment l'utilisation de matériaux d'excavation et de démolition directement sur le site pour les nouveaux aménagements paysagers ou la réalisation d'une structure bois pour la toiture de l'espace central, ce qui a permis de réaliser 25 mètres de portée tout en limitant la quantité d'énergie grise nécessaire pour mettre en œuvre cet élément emblématique.
- Les aménagements paysagers extensifs et l'importante toiture végétalisée contribuent à créer à l'échelle du site un cadre significativement plus intéressant en termes de biodiversité par rapport à la situation antérieure.

## POUR UNE DURABILITÉ INTÉGRÉE À L'ARCHITECTURE

La conception et la réalisation de Marin Centre ont intégré non seulement de multiples critères environnementaux, mais aussi diverses dimensions d'ordre socioculturel (intégration dans le site, repérage fluide des parcours, fonctionnalité et flexibilité, confort des usagers, lieux de convivialité tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du centre) et d'ordre économique (gestion des coûts d'investissement, limitation des frais de fonctionnement et des coûts externes dus au bâtiment).

Il n'existe pas de recette univoque pour faire évoluer la conception des bâtiments vers une durabilité accrue. Cette évolution repose plutôt sur la concrétisation de «solutions sur mesure», développées de manière itérative et adaptée, tant en termes de projet que de processus, aux spécificités du site et du programme. Face à cette exigence simultanée de précision, d'innovation et de souplesse, l'approche adoptée pour cette réalisation illustre de manière concrète que la dynamique du projet architectural est susceptible de favoriser l'émergence de solutions qui soient simultanément efficaces, créatives et fédératrices pour les différents acteurs impliqués.<sup>2</sup>

Par une intégration itérative de logiques sectorielles au concept architectural, la démarche adoptée a permis de s'appuyer sur une ligne directrice – à la fois claire et souple – qui a servi de base pour optimiser le projet tout en conservant la cohérence spatiale de l'ensemble. Plus largement, cette synthèse conceptuelle a permis de maintenir un regard critique sur la palette des technologies à disposition et de considérer la durabilité non comme une contrainte, mais comme une «matière première» pour les processus architecturaux.<sup>3</sup>

1 Aiulfi D. et al.: *Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilern. Erhebung des Strom- und Wärmeverbrauchs, der Verbrauchsanteile, der Entwicklung in den letzten 10 Jahren und Identifizierung der Optimierungspotentiale*. Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2010

2 Rey E.: «(Re)construire la ville autrement». TRACÉS, 17/ 2011, pp. 7-10

3 Aiulfi D. et Rey E.: «Les technologies vertes, matières premières pour la créativité des architectes». Conférence MICRO 10, Aula des Jeunes-Rives, Neuchâtel, 2 septembre 2010